

IAP8 Rec'd PCT/PTO 07 DEC 2003

5

Verfahren und Anlage zum Erzeugen von Stahlprodukten mit bester Oberflächenqualität

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zum Erzeugen von Stahlprodukten mit bester Oberflächenqualität, insbesondere mit extrem niedrigen Kohlenstoffgehalten (ULC- oder IF-Stahl), Stickstoffgehalten, Gesamtsauerstoffgehalten, hochfesten und / oder Rostfrei-Stahlgüten, jeweils durch Erschmelzen, Behandeln in einer Sekundärmetallurgie, Stranggießen im Brammenformat, Walzen, Abkühlen und in der Regel Aufwickeln des Walzgutes.

Derartige Stahlprodukte aus den verschiedenen Stahlgüten werden bisher durch Erschmelzen im Konverter, durch Behandeln in der Sekundärmetallurgie mit Vakumentgasung und durch Abgießen als Dickbrammen in einer Stranggießmaschine erzeugt und in Vor- und Fertigwalzstraßen verwaltet. Die Herstellung in anderen Prozess-Routen, wie bspw. dem Elektrolichtbogenofen-Verfahren auf Schrottbasis, wurde nicht für möglich erachtet, weil dann die extrem niedrigen Gehalte an Elementen, wie bspw. C, N, S, O, <O>, sowie qualitätsmindernde Spurenelemente, wie bspw. Cu, und Zn, nicht oder nur unter schwierigen Bedingungen erreicht werden können. Diese Prozess-Routen lassen die erstrebten besten Oberflächenqualitäten nicht zu. Es erlangt bspw. der geforderten geometrischen, physikalischen und konstitutionellen Produkteigenschaften von ULC- und IF-Warmband als notwendige Voraussetzung für eine effektive Gefügesteuerung und eine gezielte Einstellung der Produkteigenschaften.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die genannten und andere Stahlgüten durch neue Prozess-Routen zu erzeugen, um die geforderten extrem niedrigen Gehalte an C, N, S, O, <O> sowie den qualitätsmindernden Spurenele-

5 menten, wie bspw. Cu und Zn, für Stahlprodukte mit bester Oberflächenqualität zu erreichen.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der flüssige Stahl aus einer entsprechend dem gewollten Endgefüge ausgewählten Prozess-Route auf der Basis eines Elektrolichtbogenofens erzeugt wird, um danach in der Stranggießkokille zu einer Dünnbramme vergossen, entzundert, teilverformt, in Strang-Teillängen geschnitten, in der Regel entzundert, in einem Ausgleichsofen auf Walztemperatur erwärmt und vergleichmäßigt, in der Regel nachentzundert und in einer Fertigwalzstraße gewalzt, in einer ersten, unmittelbar auf das letzte Fertigwalzgerüst folgenden Haspelstation oder alternativ hinter einer Kühlstrecke gewickelt und das Endgefüge in einer Kühlstrecke entsprechend der gewollten Stahlgüte durch Abkühlen auf einem Auslaufrollgang eingestellt und das Walzgut in einer zweiten Haspelstation in der Regel fertig aufgewickelt wird. Dadurch können die Stahlprodukte hinter der Sekundärmetallurgie auf der Basis von Dünnbrammen erzeugt und bei hoher Oberflächenqualität mit einem sehr genauen Endgefüge als Wickelband, Bandabschnitte oder andere Flachprodukte und ggf. Langprodukte fertiggestellt werden.

25 Solche, in dem Endgefüge genauer beeinflussbare Stahlprodukte, können nach weiteren Schritten in verschiedenen Prozess-Routen hergestellt werden. Nach einer ersten Alternativen wird vorgeschlagen, dass als eine erste Prozess-Route aufeinanderfolgende Behandlungsschritte

- in einem Elektrolichtbogenofen und
- in einer Sekundärmetallurgie
 - mit zumindest einer Vakuum-Entgasungseinrichtung mit angeschlossenem Pfannenofen zum Entkohlen, Reduzieren und Zugeben von Legierungsstoffen,
 - mit einem Pfannenofen zum Schlackenbilden, zur Schlackenarbeit, zur
 - Temperaturkontrolle, und abschließenden Festlegen der Endanalyse und zum Spülen des Reinheitsgrads auf • <Al> -Gehalte

5 ausgeführt werden.

Die Vorteile bestehen in dem Endgefüge der erwähnten ULC-, IF-, hochfesten und Rostfrei-Stahlgüten, das nach einer Vakuumbehandlung Werte für C < 20 – 30 ppm, für O < 3 ppm, und für <O> < 15 ppm für N 20 – 30 ppm und für S 10 Werte von < 100 ppm erreicht, mit denen der Stahl in der Stranggießmaschine abgegossen wird.

Nach dem Abstich aus dem Elektrolichtbogenofen, betragen vor der Vakuumbehandlung C = 400 – 600 ppm, S < 150 ppm, N < 35 ppm und sauerstofffrei < 15 600 ppm. Nach der Entgasungsbehandlung fallen diese Werte auf C < 15 ppm, S < 150 ppm, N < 35 ppm und O < 3 ppm. Dabei sind die Vorteile eine gemäßigte Schaumbildung während der Schlackenbildung (100 % DRJ vorausgesetzt), ein schlackenfreies Abstechen, die möglichen Schlackenzusätze und eine Vorreduktion durch FeMnHC.

20 Diese Werte können nach der Pfannenofen-Behandlung für das Vergießen in der Stranggießmaschine noch auf C < 25 ppm, S < 50 ppm, N < 35 ppm und O < 3 ppm und <O> < 15 ppm verändert werden.

25 Während der Vakuumbehandlung des Stahls im Teilmengen-Verfahren findet im Wesentlichen eine Entkohlung und Desoxidation sowie eine Zugabe von Ferrolegierungen statt. Die notwendige Raffination der Pfannenschlacke, die Entschwefelung und die endgültige Einstellung der chemischen Analyse des flüssigen Stahls erfolgt während der Pfannenofen-Behandlung. Diese wird 30 durch eine Reinheitsgradbehandlung abgeschlossen.

Während der Eingabe von Schlackenzusätzen, einer Schlackenarbeit im Stahl, einem Aufheizen, dem Entschwefeln, einem Festlegen der Endanalyse wird noch ein Reinheitsgrad-Spülen durchgeführt, wodurch insgesamt die Endgüte 35 erheblich in ihrer Genauigkeit gesteigert wird. Vor Vergießen des flüssigen

5 Stahls lassen sich folgende Werte einstellen: C < 25 ppm, S < 50 ppm, N < 35 ppm und O < 3 ppm sowie <O> <15 ppm.

Nach einer zweiten Alternativen wird vorgeschlagen, dass als eine zweite Prozess-Route aufeinanderfolgende Behandlungsschritte

10 - in einem Elektrolichtbogenofen oder einer Elektrolichtbogenofen-Anlage und
- in einer Sekundärmetallurgie
- mit einem Pfannenofen zum Schlackenbilden,
- zum Aufheizen
- und zum Vorreduzieren (FeMnHC) des Stahls
15 - mit einer Vakuum-Entgasungseinrichtung
- zum Entkohlen und Entsticken
- zum Reduzieren der Schlacke auf der Stahloberfläche
- zum Entschwefeln unter verminderem Druck,
- zum abschließenden Festlegen der Endanalyse und
20 - zum Spülen des Reinheitsgrads auf • <Al> unter Atmosphärendruck

ausgeführt werden. Die Vorteile sind, dass im Elektrolichtbogenofen auch bis zu 100 % DRJ oder auch festes oder flüssiges Roheisen sowie Schrott in beliebigem Verhältnis chargiert werden können. Danach kann ein schlackenfreies Abschlacken erfolgen. Während der Pfannenofen-Behandlung wird zusätzliche Schlacke erzeugt; die gesamte Pfannenschlacke erreicht ca. 8 kg / t. Es findet sodann ein Aufheizen und eine Einstellung der Reduktionsschlacke (mit FeMnHC) statt. Während der Behandlung in der Vakuum-Entgasungseinrichtung wird eine Entkohlung, eine Reduktion und eine Schlackenarbeit, eine Entschwefelung und eine Entstickung unter verminderem Druck, ein Festlegen der Endanalyse und ein Rühren für den Reinheitsgrad unter Atmosphärendruck ausgeführt.

Nach einer dritten Alternative wird vorgeschlagen, dass als dritte Prozess-Route aufeinanderfolgende Behandlungsschritte

35 - in einem Elektrolichtbogenofen oder in einer Elektrolichtbogenofen-Anlage und

5 - in einer Sekundärmetallurgie

- mit einem Pfannenofen
- zur Temperaturkontrolle und
- zum Vorreduzieren (FeMnHC)
- mit zumindest einem Differenz-Druck-Entgasungsverfahren zum Entkohlen, Entschwefeln (unter Druck) und Entsticken, Reduzieren und Zugeben von Legierungsstoffen aus einer Eisenlegierung und mit abschließendem Festlegen
- der Endanalyse und
- zum Reinheitsgrad-Spülen auf $\langle Al \rangle$ - Gehalte < 15 ppm gebundenes Aluminium $\langle Al_2O_3 \rangle$ oder auch $\langle O \rangle$ < 15 ppm unter Atmosphärendruck

10 ausgeführt werden.

15

Die Vorteile bestehen darin, dass im Elektrolichtbogenofen der erschmolzene Stahl folgende Werte erreicht:

20 C 500-800 ppm;
O 500-700 ppm;
N 60 – 100 ppm;
S 160 – 300 ppm.

25

Danach werden in der Vakuum-Entgasungseinrichtung erreicht:

30 C < 40 ppm;
O < 3 ppm;
N < 40 ppm
S < 50 ppm
 $\langle Al \rangle$ < 15 ppm

Der Stahl wird in der nachfolgenden CSP-Stranggießmaschine mit folgenden Werten abgegossen:

35 C < 50 ppm;
O < 3 ppm;

5 N < 40 ppm;
 S < 50 ppm
 < Al > < 15 ppm

Nach einer vierten Alternativen wird vorgeschlagen, dass als eine vierte Pro-
10 zess-Route aufeinanderfolgende Behandlungsschritte
 - in einem Elektrolichtbogenofen oder in einer Elektrolichtbogenofen-Anlage und
 - in einer Sekundärmetallurgie
 - mit einem Pfannenofen zur Temperaturkontrolle und einer anschließenden
 Teilmengen-Entgasung zum Entkohlen und Entsticken, Entschwe-
15 feln, mit einer Pfannen-Entgasung zum abschließenden Festlegen der
 Endanalyse und zum Reinheitsgrad-Spülen auf • <Al>-Gehalte
 ausgeführt werden.

Die Vorteile bestehen ebenfalls in dem Erreichen sehr niedriger Werte der Ei-
20 senbegleiter für das Gießen in der Dünnbrammen-Stranggießmaschine und die
 Einstellung des Endgefüges.

Eine Ausgestaltung sieht vor, dass unmittelbar unter der Stranggießkokille eine
Entzunderung durchgeführt wird. Dieser Schritt dient zur Vorbereitung der Ge-
25 währleistung höchster Oberflächenqualität durch Steuerung der Verzunde-
 rungsprozesse in der Stranggießmaschine, wobei spezielle Verfahren der Ent-
 zunderung eingesetzt werden können.

Ein weiterer Schritt in diese Richtung besteht darin, dass in dem Ausgleichsofen
30 eine kontrollierte Verzunderung durch eine gesteuerte Atmosphäre vorgenom-
 men wird.

Dazu leistet das weitere Merkmal einen Beitrag, indem hinter dem Ausgleichsofen
die Strang-Teillängen induktiv erwärmt werden. Dadurch kann die Er-
35 wärmung gezielt und gleichmäßig und sehr schnell auf die Strang-Teillänge
 übertragen werden.

5

Die günstigste Temperaturstufe wird sodann dadurch erreicht, dass vor dem ersten Fertigwalzgerüst der Fertigwalzstraße die Strang-Teillängen gesteuert abgekühlt werden.

10 Das Endgefüge kann nach einem anderen Schritt dadurch gezielt festgelegt werden, indem auf der zweiten Haspelstation gewickeltes Stranggut kontrolliert gekühlt wird.

15 Eine andere Verbesserung besteht darin, dass als Elektrolichtbogenofenanlage zwei Ofen Gefäße abwechselnd mit geschwenkter Elektroden-Einrichtung und gegengeschwenkter Top-Blaslanze betrieben und mit Roheisen, direkt reduzierten Einsatzstoffen, Schrott und teils mit elektrischer Energie und / oder chemischer Energie betrieben werden (sog. Verfahren der Marke CONARC).

20

Das Verfahren kann derart ausgeübt werden, dass Stähle mit Mehrphasengefüge (Dual-Phasen-Stahl oder Trip-Stahl) erzeugt werden.

25 Die Anlage zur Erzeugung von Stahlprodukten mit bester Oberflächenqualität, insbesondere mit extrem niedrigem Kohlenstoffgehalt (ULC- oder IF-Stahl) Stickstoffgehalt, Gesamtsauerstoffgehalten, hochfesten und / oder Rostfreistahlgüten geht von einem Stand der Technik mit zumindest einer Schmelzanlage, einer Sekundärmetallurgie, einer Stranggießmaschine für Brammenstränge, einer Walzstraße, einem Auslaufrollgang und einer Haspelstation aus.

30

35 Die gestellte Aufgabe wird dabei erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Schmelzanlage aus einer Elektrolichtbogenofen-Anlage mit im Materialfluss nachgeordneter Sekundärmetallurgie besteht, dass die Stranggießmaschine mit einer Stranggießkokille im Dünnbrammenformat versehen ist, dass im Materialfluss zumindest eine Entzunderungs-Einrichtung, eine Schere, ein Ausgleichsofen, eine Fertigwalzstraße, zumindest ein einer Haspelstation vorgeschalteter

5 oder nachgeordneter Auslaufrollgang mit einer Kühlstrecke vorgesehen sind. Dadurch werden alle Vorteile für ein angestrebtes Endgefüge von Warmband, Langprodukten u. dgl. erzielt, die für ULC-, IF-, hochfesten oder Rostfrei-Stählen erforderlich sind.

10 Ein besonders auf höchste Oberflächenqualität des fertigen Stahlproduktes gerichtetes Merkmal besteht darin, dass in der Stranggießmaschine unmittelbar unterhalb der Stranggießkokille eine Entzunderungs-Einrichtung vorgesehen ist.

15 Die Qualität der Oberfläche des Stahlproduktes kann noch dadurch gesichert werden, dass außer jeweils einer Entzunderungs-Einrichtung hinter der Stranggießkokille und hinter der Schere eine weitere Entzunderungs-Einrichtung vor dem ersten Walzgerüst der Fertigwalzstraße vorgesehen ist.

20 Eine weitere Ausgestaltung ist dadurch gegeben, dass vor der Schere in dem Stützrollengerüst der Stranggießmaschine eine Liquid-Core-Reductions-Strecke oder eine Soft-Reduction-Strecke eingeordnet ist.

25 Eine weitere Maßnahme zur Schaffung günstiger Voraussetzungen der Endverarbeitung des Stahlprodukts wird dadurch erzielt, dass die Stranggießkokille aus einer Trichterstranggießkokille gebildet ist.

30 Die vorteilhafte Erwärmung des Walzgutes erfolgt nach einer weiteren Verbesserung dadurch, dass im Materialfluss zwischen dem Ausgleichsofen und dem ersten Walzgerüst der Fertigwalzstraße oder der Entzunderungs-Einrichtung eine Induktions-Heizeinrichtung vorgesehen ist.

35 Eine andere Ausgestaltung sieht vor, dass die Kühlstrecke aus einer Laminar-Kühlstrecke in Kombination mit mehreren Intensiv-Kühlboxen gebildet ist.

35 In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Anlage dargestellt, anhand deren auch das Verfahren nachstehend näher erläutert wird.

5 Es zeigen:

Fig. 1 in der Art eines Blockschaltbildes dargestellte Prozess-Routen, die alternativ einer Gießwalzanlage vorgeordnet sind,

Fig. 2A die Prozess-Routen 1 und 2 in vergrößerter Darstellung,

Fig. 2B die Prozess-Routen 3 und 4 in vergrößerter Darstellung

10 Fig. 3 die auf das Erschmelzen und die Sekundärmetallurgie folgende Gießwalzanlage mit Endgefüge-Einstellung,

Fig. 4 ein Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild für nach dem letzten Walzgerüst der Fertigwalzstraße durch Abkühlung des Walzgutes erhaltene Abkühlungsgefüge (austenitisch, weiches Perlit, Bainit und Martensit) und

15 Fig. 5 ein Festigkeits- / Dehnungsschaubild für Multi-Phasen-Stahlgüten (Dual-Phasen-Stähle, Trip-Phasen-Stähle).

20 Gemäß den Fig. 1 und 2A, 2B kann das Stahlprodukt 1 als Warmband zur Weiterverarbeitung (bspw. Automobil-Außenhautbleche, Bleche für geschweißte Rohre u. dgl.) hergestellt werden.

Das Erschmelzen 2 von flüssigem Stahl 1b erfolgt in einer Schmelzanlage 2a, 25 die nicht aus einem Stahlwerkskonverter gebildet wird, sondern durch einen Elektrolichtbogenofen 2b. Der abgestochene Stahl durchläuft dann eine Sekundärmetallurgie 3, ein Stranggießverfahren 4 mit einer Stranggießmaschine 4a. Das dort gegossene Brammenformat 5 besteht jedoch nicht aus einer Dickbramme, sondern aus einer Dünnbramme 5a mit üblichen Dicken von < 100 30 mm. Darauf folgt ein Walzen 6 in einer Fertigwalzstraße 6a. Das Walzgut 1a, in der Form von Stranggut 1c (Blech, Band, Langprodukte u. dgl.) wird auf einem Auslaufrollgang 22 gesteuert abgekühlt. Das Abkühlen 7 erfolgt nach noch zu beschreibenden wesentlichen Kriterien. Das Stranggut 1c wird in der Regel, von Ausnahmen abgesehen, durch Aufwickeln 8 mit einem Endgefüge 9 auf Haspelstationen gewickelt.

5 Die Schmelzanlage 2a besteht jeweils aus dem Elektrolichtbogenofen 2b, der auch im Sinn der Marke CONARC aus einer 2-Gefäß-Elektrolichtbogenofen-Anlage 35 gebildet sein kann. In der nachfolgenden Sekundärmetallurgie 3 werden die angestrebten extrem niedrigen Kohlenstoff-Gehalte (ULC-Stahl - Stahl mit extrem niedrigen Kohlenstoffgehalt) oder Stahl mit kontrollierten Ausscheidungen (IF-Stahl - Stahl ohne interstitiell gelösten Fremdatomen im Mischkristall), hochfeste und / oder Rostfrei-Stahl, vorbereitet.

10

Der flüssige Stahl 1b wird in der Stranggießmaschine 4a mittels einer Stranggießkokille 14 im Dünnbrammenformat 5a vergossen. Im Materialfluss 36 sind 15 für eine Entzunderung 28 zumindest eine Entzunderungs-Einrichtung 28a, eine Schere 38 für Strang-Teillängen 15, ein Ausgleichsofen 16 (ein zusätzlicher Ausgleichsofen 16a), die Fertigwalzstraße 6a, zumindest ein einer ersten Haspelstation 20 vorgeschalteter oder nachgeordneter Auslaufrollgang 22 mit einer Kühlstrecke 21 vorgesehen.

20 In der Stranggießmaschine 4a ist für die Entzunderung 28 unmittelbar unterhalb der Stranggießkokille 14 eine erste Entzunderungs-Einrichtung 28a, die auf Wasserstrahlen basiert, vorgesehen.

25 Außer der Entzunderungs-Einrichtung 28a im Materialfluss 36 hinter der Stranggießkokille 14 und hinter der Schere 38 ist eine weitere Entzunderungs-Einrichtung 28a vor dem ersten Walzgerüst 17 der Fertigwalzstraße 6a angeordnet. Im Ausgleichsofen 16 (ggf. in 16a) ist eine kontrollierte Temperaturführung mit Oxidationsschutz 37 vorgesehen.

30 Vor der Schere 38 in einem Stützrollengerüst 39 der Stranggießmaschine 4a kann eine Liquid-Core-Reductions-Strecke 40 oder eine Soft-Reduction-Strecke 41 eingesetzt werden.

35 Die Stranggießkokille 14 kann aus einer Trichterstranggießkokille gebildet sein, wie üblicherweise bei CSP-Anlagen vorgesehen wird.

5

Im Materialfluss 36 zwischen dem Ausgleichsofen 16 und dem ersten Fertigwalzgerüst 17 auf das mehrere Fertigwalzgerüste 18 und ein letztes Fertigwalzgerüst 19 folgen, oder der Entzunderungs-Einrichtung 28a, kann eine Induktions-Heizeinrichtung 42 eingesetzt werden.

10

Die Kühlstrecke 21 kann ferner aus einer Laminar-Kühlstrecke 21a in Kombination mit mehreren Intensiv-Kühlboxen 21b gestaltet sein.

15

Das Verfahren zum Erzeugen von Stahlprodukten 1 (Fig. 1) geht davon aus, dass der flüssige Stahl 1b über alternative Prozess-Routen 10, 11, 12 oder 13 vorbehandelt, in der Stranggießkokille 14 zu einer Dünnbramme 5a vergossen, danach entzundert, ggf. teilverformt, in die Strang-Teillängen 15 geschnitten, mehrfach einer Entzunderung 28 unterzogen, in zumindest einem Ausgleichsofen 16 (oder einem zusätzlichen Ausgleichsofen 16a) auf Walztemperatur erwärmt und vergleichmäßigt, in der Regel (von wenigen Ausnahmen abgesehen) nachentzundert und in der Fertigwalzstraße 6a gewalzt, in einer ersten, unmittelbar auf das letzte Fertigwalzgerüst 19 folgenden Haspelstation 20 oder alternativ hinter der Kühlstrecke 21 gewickelt und das Endgefüge 9 in der Kühlstrecke 21 entsprechend der gewollten Stahlgüte durch Abkühlen auf dem Auslaufrollgang 22 eingestellt und das Walzgut 1a in einer zweiten Haspelstation 23 in der Regel fertig aufgewickelt wird.

20

Währenddem die erste bis vierte Prozess-Route 10, 11, 12 und 13 in Fig. 1 nur zusammenfassend erklärt sind, werden die Prozess-Routen in den Fig. 2A und 30 2B detailliert erläutert:

25

Die erste Prozess-Route 10 (Fig. 2A) sieht Einsatzstoffe aus DRI / HBI (pellets oder Briketts aus direkt reduziertem Eisen) oder Schrott im Elektrolichtbogenofen 2b mit niedrigstem Schwefel-Eingangsgehalt vor. Im nächsten Behandlungsschritt 24 findet

5 im Verfahren der Teilmengen-Entgasung 27a innerhalb der Vakuum-Entgasungseinrichtung 27 ein Abbau von Kohlenstoff und Stickstoff auf niedrigste Werte statt. Im folgenden Behandlungsschritt 24 wird im Pfannenofen 25 die Temperatur um \bullet T erhöht und der Reinheitsgrad durch Abbau des <Al> - Gehaltes eingestellt.

10

Die zweite Prozess-Route 11 (Fig. 2A) geht vom Einsatz DRI / HBI, Schrott, flüssigem Roheisen oder Roheisenmasseln mit jeweils einem niedrigen Schwefelgehalt in einer Elektrolichtogenofen-Anlage 35 aus. Die Elektrolichtbogenofen-Anlage 35 kann sowohl aus einem Elektrolichtbogenofen 2b als auch aus einer solchen Anlage 35 für das Verfahren unter der Marke CONARC bestehen. Der nächste Behandlungsschritt 24 findet in dem Pfannenofen 25 mit einer Temperaturerhöhung statt. Im darauf folgenden Behandlungsschritt 24 finden in der Vakuum-Entgasungseinrichtung 27 eine Entkohlung, eine Entschwefelung, ein Entsticken und eine Reinheitsgraderhöhung durch Abbau des <Al>- Gehaltes auf niedrige Werte statt.

15

20

Die dritte Prozess-Route 12 (Fig. 2B) sieht eine Chargierung von DRI / HBI, Schrott, flüssiges Roheisen oder Roheisenmasseln mit jeweils niedrigen Eingangsgehalten an Schwefel in einer Elektrolichtbogenofen-Anlage 35 oder in einem Elektrolichtbogenofen 2b vor. Im folgenden Behandlungsschritt 24 erfolgt eine Temperaturerhöhung \bullet T im Pfannenofen 25. Im darauf folgenden Behandlungsschritt 24 ist eine Differenzdruck-Vakuum-Entgasung 43 vorgesehen, in der der Abbau auf niedrigste Werte von Kohlenstoff C, Schwefel S, Stickstoff N und eine Erhöhung des Reinheitsgrades durch Abbau der Al₂O₃-Stoffe (\bullet <Al>) durchgeführt wird.

25

30

Die vierte Prozess-Route 13 (Fig. 2B) sieht für die Chargierung in einer Elektrolichtbogenofen-Anlage 35 oder in einem einzelnen Elektrolichtbogenofen 2b jeweils mit einem niedrigen Schwefel-Eingangsgehalt von DRI / HBI, Schrott, flüssiges Roheisen oder Roheisenmasseln vor. Darauf folgend wird im näch-

35

5 sten Behandlungsschritt 24 im Pfannenofen 25 eine Temperaturerhöhung • T und unmittelbar anschließend in der Vakuum-Entgasungseinrichtung 27 eine Teilmengen-Entgasung 27a ausgeführt, wobei der Abbau auf niedrigste Werte von Kohlenstoff C und Stickstoff N erfolgt. Im letzten Behandlungsschritt 24 wird in der Vakuum-Entgasungseinrichtung 27 eine Pfannen-Entgasung zum Abbau 10 auf niedrige Werte von Schwefel S und eine Reinheitsgraderhöhung durch Abbau von Al_2O_3 (• <Al>) durchgeführt.

Die Wahl der günstigsten oder erwünschten Prozess-Route 10, 11, 12 oder 13 erfolgt nach Wirtschaftlichkeitsüberlegungen bezüglich der Kosten des Einsatzmaterials und der Qualität des Endproduktes, wobei das Gießen von Dick- oder Dünnbrammen und der aufzuwendenden Energien bzw. die erforderlichen Anlageninvestitionen zu berücksichtigen sind.

Nach dem Eintreten (Fig. 3) des behandelten Stahls 1b wird unter der Strang- 20 gießkokille 14 die Entzunderung 28 durchgeführt.

In dem Ausgleichsofen 16 wird eine kontrollierte Verzunderung 29 durch eine gesteuerte Atmosphäre vorgenommen.

25 Ferner können hinter dem Ausgleichsofen 16 die Strang-Teillängen 15 induktiv erwärmt werden. Außerdem kann auf die Induktions-Heizeinrichtung 42 folgend eine zusätzliche Ausgleichserwärmung in einem weiteren Ausgleichsofen 16a eingesetzt werden. Die Strang-Teillängen 15 werden hinter dem Ausgleichsofen 16 weiter induktiv in der Induktions-Heizeinrichtung 42 erwärmt. Der Pfannenofen 25 arbeitet mit einer Elektroden-Einrichtung 31 und / oder mit einer Top-Blaslanze 32.

Nach dem ersten Fertigwalzgerüst 17 und zwischen den Fertigwalzgerüsten 18, 19 der Fertigwalzstraße 6a können die Strang-Teillängen 15 gesteuert abge- 35 kühlt werden. Dazu können zwischen den Fertigwalzgerüsten 17, 18, 19 jeweils

5 Intensiv-Kühlboxen 21b angeordnet sein. Vor dem ersten Fertigwalzgerüst 17 kann ein Staucher 44 angeordnet sein.

Das gewickelte Stranggut 1c wird auf der zweiten Haspelstation 23 kontrolliert gekühlt.

10

In der Kühlstrecke 21 oder auf dem Haspel 23 wird das Mehrphasengefüge eingestellt.

15

Fig. 4 zeigt den schematisch dargestellten Temperaturverlauf im Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild. Die Abkühlungskurve des festen Werkstoffes hinter dem letzten Walzgerüst 19 während des Aufwickelns des Walzgutes 1a auf der zweiten Haspelstation 23 verläuft durch den Umwandlungspunkt AC3. Das entstehende Endgefüge 9 kann austenitisch, perlitisch weich, als Bainit oder Martensit auftreten. Das Endgefüge 9 wird somit während des 20 Walzens und Abkühlens erzeugt.

25

In Fig. 5 ist ein Schaubild der Festigkeit (N / mm^2) über der Dehnung (l / l_0) für Mehrphasenstahl, wie bspw. Dual-Phasen-Stahl 33 und Trip-Stahl 34, gezeigt. Die untere Kurve zeigt ein normales Verhalten des Stahls bei hoher Festigkeit und niedriger Dehnung.

30

35

40

5

Bezugszeichenliste

- 1 Stahlprodukt
- 1a Walzgut
- 10 1b flüssiger Stahl
- 1c Stranggut
- 2 Erschmelzen
- 2a Schmelzanlage
- 2b Elektrolichtbogenofen
- 15 3 Sekundärmetallurgie
- 4 Stranggießen
- 4a Stranggießmaschine
- 5 Brammenformat
- 5a Dünnbramme
- 20 6 Walzen
- 6a Fertigwalzstraße
- 7 Abkühlen
- 8 Aufwickeln
- 9 Endgefüge
- 25 10 erste Prozess-Route
- 11 zweite Prozess-Route
- 12 dritte Prozess-Route
- 13 vierte Prozess-Route
- 14 Stranggießkokille
- 30 15 Strang-Teillänge
- 16 Ausgleichsofen
- 16a zusätzlicher Ausgleichsofen
- 17 erstes Fertigwalzgerüst
- 18 Fertigwalzgerüst
- 35 19 letztes Fertigwalzgerüst
- 20 Haspelstation (Karussel-Haspel)

- 5 21 Kühilstrecke
- 21a Laminarkühilstrecke
- 21b Intensiv-Kühlboxen
- 22 Auslaufrollgang
- 23 Haspelstation
- 10 23a kontrollierte Kühlvorrichtung für Bunde
- 24 Behandlungsschritte
- 25 Pfannenofen
- 26 Legierungsstoffe
- 27 Vakuum-Entgasungseinrichtung
- 15 27a Teilmengen-Entgasung
- 28 Entzunderung
- 28a Entzunderungs-Einrichtung
- 29 kontrollierte Verzunderung
- 30 Ofengefäß (Konverter oder Elektrolichtbogenofen)
- 20 31 Elektrodeneinrichtung
- 32 Top-Blaslanze
- 33 Dual-Phasen-Stahl
- 34 Trip-Stahl
- 35 Elektrolichtbogenofen-Anlage
- 25 36 Materialfluss
- 37 kontrollierte Kühlung und Oxidationsschutz
- 38 Schere
- 39 Stützrollengerüst
- 40 Liquid-Core-Reduction-Strecke
- 30 41 Soft-Reduction-Strecke
- 42 Induktions-Heizeinrichtung
- 43 Differenzdruck-Vakuum-Entgasungseinrichtung
- 44 Staucher

5

Patentansprüche

10 1. Verfahren zum Erzeugen von Stahlprodukten (1) mit bester Oberflächenqualität, insbesondere mit extrem niedrigen Kohlenstoffgehalten (ULC- oder IF-Stahl), Stickstoffgehalten, Gesamtsauerstoffgehalten, hochfesten und / oder Rostfrei-Stahlgüten, jeweils durch Erschmelzen (2), Behandeln in einer Sekundärmetallurgie (3), Stranggießen (4) im Brammenformat (5), Walzen (6), Abkühlen (7) und in der Regel Aufwickeln (8) des Walzgutes (1a),

15 **dadurch gekennzeichnet**
dass der flüssige Stahl (1b) aus einer entsprechend dem gewollten Endgefüge (9) ausgewählten Prozess-Route (10; 11; 12; 13) auf der Basis eines Elektrolichtbogenofens (2b) erzeugt wird, um danach in der Stranggießkokille (14) zu einer Dünnbramme (5a) vergossen, entzündert, teilverformt, in Strang-Teillängen (15) geschnitten, in der Regel entzündert (28), in einem Ausgleichsofen (16) auf Walztemperatur erwärmt und vergleichmäßigt, in der Regel nachentzündert und in einer Fertigwalzstraße (6a) gewalzt, in einer ersten, unmittelbar auf das letzte Fertigwalzgerüst (19) folgenden Haspelstation (20) oder alternativ hinter einer Kühlstrecke (21) gewickelt und das Endgefüge (9) in einer Kühlstrecke (21) entsprechend der gewollten Stahlgüte durch Abkühlen auf einem Auslaufrollgang (22) eingestellt und das Walzgut (1a) in einer zweiten Haspelstation (23) in der Regel fertig aufgewickelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

35 dass als eine erste Prozess-Route (10) aufeinanderfolgende Behandlungsschritte (24)
- in einem Elektrolichtbogenofen (2b) und

5 - in einer Sekundärmetallurgie (3)
- mit zumindest einer Vakuum-Entgasungseinrichtung (27) mit ange-
schlossenem Pfannenofen (25) zum Entkohlen, Reduzieren und, Zu-
geben von Legierungsstoffen (26),
- mit einem Pfannenofen (25) zum Schlackenbilden, zur Schlackenar-
10 beit, zur Temperaturkontrolle, und abschließendem Festlegen der
Endanalyse und zum Spülen des Reinheitsgrads auf • <Al> - Gehalte
ausgeführt werden.

15 3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als eine zweite Prozess-Route (11) aufeinanderfolgende Behand-
lungsschritte (24)
- in einem Elektrolichtbogenofen (2b) oder einer Elektrolichtbogenofen-
20 Anlage (35) und
- in einer Sekundärmetallurgie (3)
 - mit einem Pfannenofen (25) zum Schlackenbilden
 - zum Aufheizen
 - und zum Vorreduzieren (FeMnHC) des Stahls
25 - mit einer Vakuum-Entgasungseinrichtung (27)
 - zum Entkohlen und Entsticken
 - zum Reduzieren der Schlacke auf der Stahloberfläche
 - zum Entschwefeln unter verminderterem Druck
 - zum abschließenden Festlegen der Endanalyse und
30 - zum Spülen des Reinheitsgrads auf • <Al> - Gehalte unter Atmo-
sphärendruck
ausgeführt werden.

35 4. Verfahren nach Anspruch 1,

5 dadurch gekennzeichnet,

10 dass als dritte Prozess-Route (12) aufeinanderfolgende Behandlungsschritte (24)

15 - in einem Elektrolichtbogenofen (2b) oder in einer Elektrolichtbogenofen-Anlage (35) und

20 - in einer Sekundärmetallurgie (3)

25 - mit einem Pfannenofen (25)

30 - zur Temperaturkontrolle und

35 - zum Vorreduzieren (FeMnHC)

40 - mit zumindest einem Differenz-Druck-Entgasungsverfahren (43)

45 zum Entkohlen, Entschwefeln und Entsticken, Reduzieren und

50 Zugeben von Legierungsstoffen aus einer Eisenlegierung und, mit

55 abschließendem Festlegen der Endanalyse und

60 - zum Reinheitsgrad-Spülen auf $\langle Al \rangle$ -Gehalte < 15 ppm gebundenes Aluminium (Al_2O_3)

65 ausgeführt werden.

25 5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als eine vierte Prozess-Route (13) aufeinanderfolgende Behand-
lungsschritte (24)

- in einem Elektrolichtbogenofen (2b) oder in einer Elektrolichtbo-
genofen-Anlage (35) und
- in einer Sekundärmetallurgie (3) mit einem Pfannenofen (25) zur
Temperaturkontrolle und einer anschließenden Teilmengen-
Entgasung (27a) zum Entkohlen und Entsticken, Entschwefeln, mit
einer Pfannen-Entgasung (27) zum abschließenden Festlegen der
Endanalyse und zum Reinheitsgrad-Spülen auf • <AI>-Gehalte
ausgeführt werden.

5

6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass unmittelbar unter der Stranggießkokille (14) eine Entzunderung (28) durchgeführt wird.

10

7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Ausgleichsofen (16) eine kontrollierte Verzunderung (29) durch eine gesteuerte Atmosphäre vorgenommen wird.

15

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass hinter dem Ausgleichsofen (16) die Strang-Teillängen (15) induktiv erwärmt werden.

20

9. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem ersten Fertigwalzgerüst (17) der Fertigwalzstraße (6a) die Strang-Teillängen (15) gesteuert abgekühlt werden.

25

10. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass auf der zweiten Haspelstation (23) gewickeltes Stranggut (1c) kontrolliert gekühlt wird.

30

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

35

5 **dadurch gekennzeichnet,**
dass als Elektrolichtbogenofen-Anlage (35) zwei Ofengefäße (30) ab-
wechselnd mit geschwenkter Elektrodeneinrichtung (31) und gegenge-
schwenkter Top-Blaslanze (32) betrieben und mit Roheisen, direkt redu-
zierten Einsatzstoffen, Schrott und teils mit elektrischer Energie und /
oder chemischer Energie betrieben werden.

10

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass Stähle mit Mehrphasengefüge (Dual-Phasen-Stahl 33 oder Trip-
Stahl 34) erzeugt werden.

20

13. Anlage zur Erzeugung von Stahlprodukten (1), mit bester Oberflächen-
qualität, insbesondere mit extrem niedrigem Kohlenstoffgehalt (ULC-
oder IF-Stahl), Stickstoffgehalt, Gesamtsauerstoffgehalten, hochfesten
und / oder Rostfrei-Stahlgüten mit zumindest einer Schmelzanlage (2a),
einer Sekundärmetallurgie (3) einer Stranggießmaschine (4a) für Bram-
menstränge (5), einer Walzstraße, einem Auslaufrollgang (22) und einer
Haspelstation (23),
dadurch gekennzeichnet,
25 dass die Schmelzanlage (2a) aus einer Elektrolichtbogenofen-Anlage
(35) mit im Materialfluss (36) nachgeordneter Sekundärmetallurgie (3)
besteht, dass die Stranggießmaschine (4a) mit einer Stranggießkokille
(14) im Dünnbrammenformat (5a) versehen ist, dass im Materialfluss
(36) zumindest eine Entzunderungs-Einrichtung (28a), eine Schere (38),
ein Ausgleichsofen (16), eine Fertigwalzstraße (6a), zumindest ein einer
Haspelstation (20; 23) vorgeschalteter oder nachgeordneter Auslaufroll-
gang (22) mit einer Kühlstrecke (21) vorgesehen sind.

30

5 14. Anlage nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Stranggießmaschine (4a) unmittelbar unterhalb der Strang-
gießkokille (14) eine Entzunderungs-Einrichtung (28a) vorgesehen ist.

10

15. Anlage nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass außer jeweils einer Entzunderungs-Einrichtung (28a) hinter der
Stranggießkokille (14) und hinter der Schere (38) eine weitere Entzunde-
rungs-Einrichtung (28a) vor dem ersten Walzgerüst (17) der Fertigwalz-
straße (6a) vorgesehen ist.

15

16. Anlage nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor der Schere (38) in dem Stützrollengerüst (39) der Stranggieß-
maschine (4a) eine Liquid-Core-Reductions-Strecke (40) oder eine Soft-
Reduction-Strecke (41) eingeordnet ist.

25

17. Anlage nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stranggießkokille (14) aus einer Trichterstranggießkokille gebil-
det ist.

30

18. Anlage nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Materialfluss (36) zwischen dem Ausgleichsofen (16) und dem
ersten Walzgerüst (17) der Fertigwalzstraße (6a) oder der Entzunde-

35

5 rungs-Einrichtung (28a) eine Induktions-Heizeinrichtung (42) vorgesehen ist.

19. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
10 dadurch gekennzeichnet,
dass die Kühlstrecke (21) aus einer Laminar-Kühlstrecke (21a) in Kombination mit mehreren Intensiv-Kühlboxen (21b) gebildet ist.

15

20

25